

УДК 630\* 323.

Э.Ф. Герц, Ю.Н. Безгина  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПАСЕКИ ПРИ НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ БЕСПРЕПЯТСТВЕННОГО ПОВАЛА ДЕРЕВА МОТОПИЛОЙ

*Выполнение валки деревьев бензиномоторной пилой при сплошных рубках требует высокой точности, а значит, высокой квалификации и применения вспомогательных средств. Достаточность того и другого для выполнения рубок должна быть установлена до начала их проведения.*

Сплошные рубки главного и промежуточного пользования сопровождаются удалением части деревьев из древостоя, причем вне зависимости от принципов отбора деревьев в рубку изреживание может быть селективным или локальным. При селективном изреживании и валке деревьев бензиномоторными пилами на сплошных рубках вероятность повреждения деревьев, оставляемых на доращивание, в результате соударения с падающим деревом, а также возможность валки деревьев, назначенных в рубку, определяется степенью изреживания древостоя, точностью валки и таксационными характеристиками древостоя. Для беспрепятственного повала дерева в заданном направлении необходим просвет (площадка) между стоящими деревьями достаточных для этого размеров, которые определяются размерами дерева, подлежащего валке: высотой и шириной его кроны. Наличие необходимого для валки деревьев просвета определяется в первую очередь исходной густотой и степенью изреживания древостоя при рубке (Виногоров, Ягудин, 1974). Вероятность беспрепятственного повала дерева без повреждения деревьев, оставляемых на доращивание, при условии случайного распределения деревьев по площади лесосеки с учетом пуассоновского распределения числа деревьев на малых площадях (Сотонин, 1986) при этом составит:

$$P = e^{-\frac{hb_d}{S_d}}, \quad (1)$$

где  $h$  - высота дерева, м;  $b_d$  - просвет, необходимый для беспрепятственного повала дерева, м;  $S_d$  - густота древостоя, м<sup>2</sup>/дер.

Вероятность беспрепятственного повала деревьев, рассчитанная таким образом, учитывает только одно направление. Возможность выбора направления валки в некотором секторе соответственно увеличит вероятность беспрепятственного повала. Расчетная схема валки дерева в секторе в трех вероятных направлениях представлена на рис. 1.

Повал дерева в каждом из рассматриваемых направлений возможен только в случае отсутствия мешающих деревьев. С учетом необходимости отсутствия деревьев на элементарных площадках (см. рис. 1) и независимости этих событий вероятность беспрепятственного повала в каждом из направлений запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} P(a) &= P(ABC)P(AB)P(A) \\ P(b) &= P(ABC)P(AB)P(BC)P(B) \\ P(c) &= P(ABC)P(BC)P(C) \end{aligned} \quad (2)$$

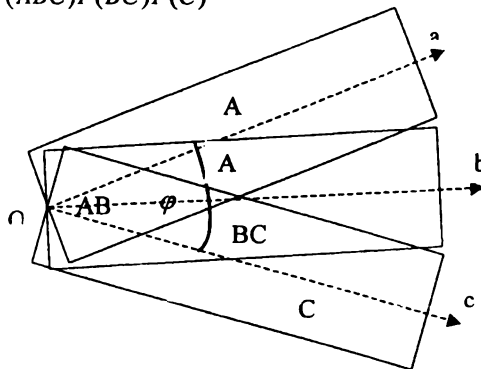


Рис.1. Расчетная схема для определения вероятности беспрепятственного повала дерева: а, в, с - рассматриваемые направления повала дерева

Вероятность беспрепятственной валки дерева в нескольких направлениях является условной. Условность этих событий заключается в необходимости отсутствия мешающих деревьев на перекрывающихся при этом площадках. С учетом изложенного (Вентцель, 1983) полная вероятность повала дерева в трех направлениях составит:

$$P(abc) = P(ABC) \left[ \frac{1 - (1 - P(AB)P(A))}{(1 - P(BC)P(C))(1 - P(AB)P(BC)P(B))} \right] \quad (3)$$

Рассмотрение большего числа возможных направлений валки в заданном секторе соответственно увеличит и вероятность беспрепятственного повала дерева в этом секторе. В общем случае для  $n$  рассматриваемых направлений вероятность беспрепятственной валки дерева составит:

$$P(n) = P(S_n) \left[ 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \prod_{i=1}^{n-1} P(S_i))_j \right] \quad (4)$$

где  $S_i$  - размер площадки  $i$ -кратного перекрытия, ( $i = 1, 2, \dots, n$ );  $j$  - число рассматриваемых направлений валки, ( $j = 1, 2, \dots, n$ ). Размер площадки  $n$ -кратного перекрытия при прочих равных условиях определяется величиной сектора валки  $\varphi$ .

Для сектора валки дерева  $\varphi \leq \frac{b_d}{h}$  размер площадки  $n$ -кратного перекрытия при всех рассматриваемых направлениях валки составит:

$$S_n \cong h(b_d - htg(\varphi/2)). \quad (5)$$

Для сектора валки  $> \frac{b_d}{h}$  размер площадки с кратностью  $n$  составит:

$$S_n \cong \frac{b_d^2}{4tg(\varphi/2)}. \quad (6)$$

Зависимость вероятности беспрепятственного повала дерева от числа рассматриваемых возможных направлений валки в секторе 0,196 и 0,463 рад (11 и 26°) при  $b_d = 5$  м,  $h = 20$  м и  $S_d = 30$  м<sup>2</sup> представлена на рис. 2.

При увеличении числа возможных направлений валки в секторе полная вероятность беспрепятственного повала увеличивается, приближаясь к вероятности отсутствия мешающих деревьев на площадке  $n$ -кратного перекрытия. При угле 0,02 рад для рассматриваемых направлений валки в секторе 0,196 и угле 0,018 рад для рассматриваемых направлений валки в секторе 0,463 рад полная вероятность беспрепятственного повала дерева составляет не менее 90 % предела функции, которая при  $n \rightarrow \infty$  примет вид:  $P(n)^{\max} \Rightarrow P(S_n)$ .

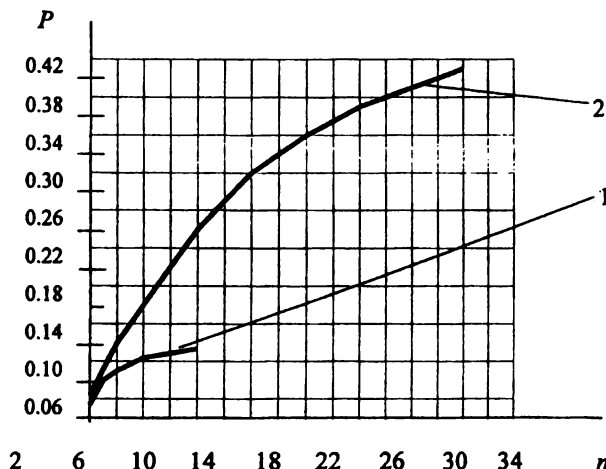


Рис. 2. График зависимости вероятности беспрепятственной валки дерева в заданном секторе от числа рассматриваемых возможных направлений: 1- для  $\varphi=0,197$  рад (11°); 2- для  $\varphi=0,463$  рад (26°).

Рассчитанная таким образом полная вероятность повала дерева в секторе  $\varphi$  включает все возможные направления валки в заданном секторе и является максимальной для данных условий. График зависимости максимальной вероятности беспрепятственной валки дерева от сектора валки при заданных условиях приведен на рис. 3.

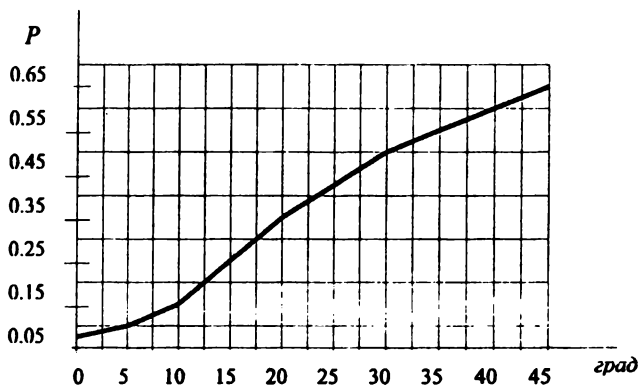


Рис. 3. График зависимости максимальной вероятности беспрепятственной валки дерева от сектора валки

Значительное увеличение вероятности беспрепятственной валки дерева за счет увеличения сектора, в котором выбирается его направление, может вместе с тем противоречить технологии лесосечных работ и, в частности, требованию производительного, безопасного и безвредного для компонентов леса выполнения следующей операции - трелевки.

Валить деревья при последующей трелевке хлыстов за вершину рекомендуется под острым углом к волоку в направлении трелевки. В зависимости от положения дерева, подлежащего валке, на пасеке возможное направление валки в соответствии с технологией может быть выбрано из некоторого сектора  $\varphi$ , который при условии повала вершины дерева на волок (рис. 4) определится следующим образом:

$$\varphi = \arccos \frac{x}{h} - \arccos \frac{x + b_b}{h}; \quad (7)$$

где  $b_b$  - ширина волока, м;  $x$  - расстояние от дерева, подлежащего рубке, до ближнего края волока,  $x < h - b_b$ .

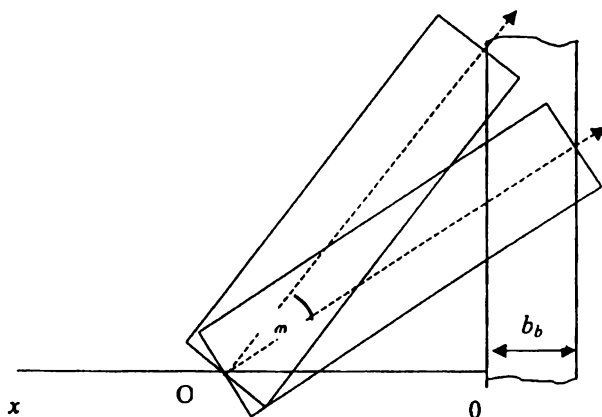


Рис. 4. Расчетная схема для определения сектора валки дерева при традиционных технологиях с трелевкой хлыстов

При условии валки дерева на волок в непосредственной от него близости вероятность беспрепятственной валки определяется с учетом сектора валки и влияния вырубki (волока). График зависимости вероятности беспрепятственной валки дерева вершиной на волок в зависимости от расстояния между деревом и границей волока представлен на рис. 5.

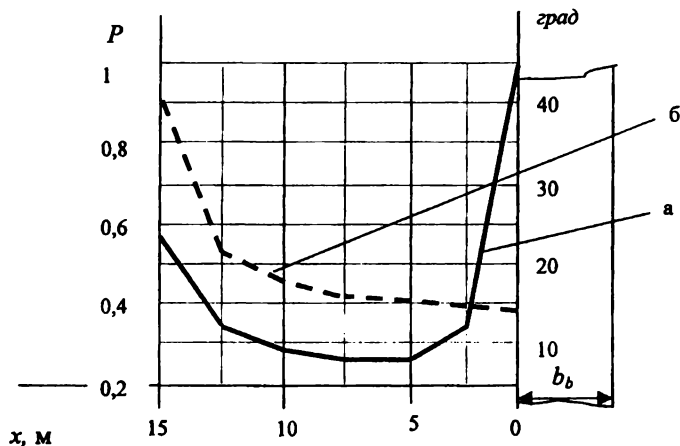


Рис. 5. График зависимости максимальной вероятности беспрепятственной валки дерева вершиной на волок (а) и сектора валки (б) от расстояния между деревом и границей волока

На расстоянии до 7,5 м от границы волока влияние на вероятность беспрепятственной валки дерева оказывает близость волока и увеличение сектора валки, причем влияние волока (вырубки) по мере удаления снижается до 0, и далее вероятность беспрепятственной валки дерева изменяется только под влиянием меняющегося сектора валки.

На основании изложенного предлагается принятие решения о способе изреживания древостоя осуществлять с учетом вероятности беспрепятственной валки деревьев.

Вариант технологии (узко-, средне- или широкопассечной) с формированием древостоя со случайным типом размещения деревьев по площади лесосеки может быть принят только при возможности беспрепятственной валки деревьев в секторе, предусмотренном технологией, с вероятностью не менее 90 %.

При невозможности обеспечения беспрепятственной валки деревьев в секторе, определенном технологическим процессом, с достаточной вероятностью назначение деревьев в рубку при отводе необходимо вести с учетом возможности их валки в заданном направлении. Поставленная задача может быть достигнута при линейном способе выборки деревьев на пасеке и формированием древостоя с регулярным типом размещения деревьев.

## ЛИТЕРАТУРА

Вентцель Е. С. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятности. М.: Радио и связь, 1983. 416 с.

Виногоров Г. К., Ягудин Ю. Н. Основные технологические принципы сплошных рубок // Тр. ЦНИИМЭ. 1974. Вып. 141. С.15-27.

Сотонин С. Н. О соответствии распределения деревьев на малой площади закону Пуассона // Комплексная механизация лесозаготовок и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛЛТА, 1986. С. 10-11.